

2002 P 01387

B-

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3623538 C2

⑤1 Int. Cl. 5:
G06F 15/46
G 05 B 15/00

②1 Aktenzeichen: P 36 23 538.5-53
②2 Anmeldetag: 12. 7. 86
④3 Offenlegungstag: 21. 1. 88
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 27. 9. 90

DE 3623538 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Richter, Axel, Dipl.-Phys. Dr., 7251 Wimsheim, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 34 27 015 A1
Der Elektroniker 4, 1983, S. 50-53;
Elektronik 1977, H. 9, S. 64-68;

⑤4 Verfahren zum Steuern von wenigstens zwei Systemen eines physikalischen Prozesses

DE 3623538 C2

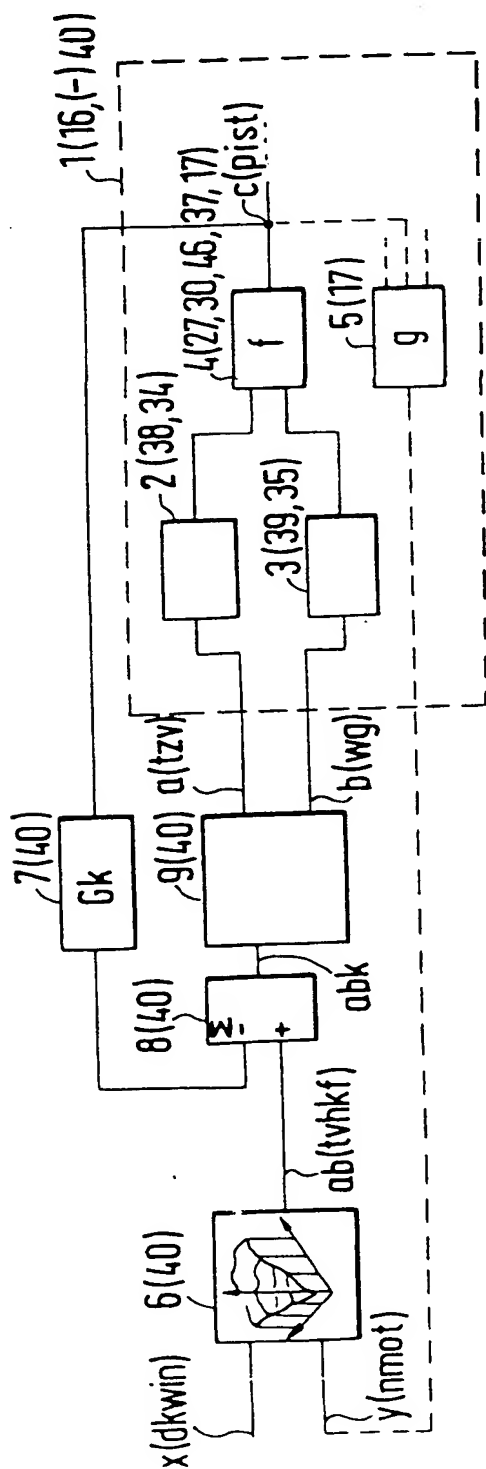


FIG. 1

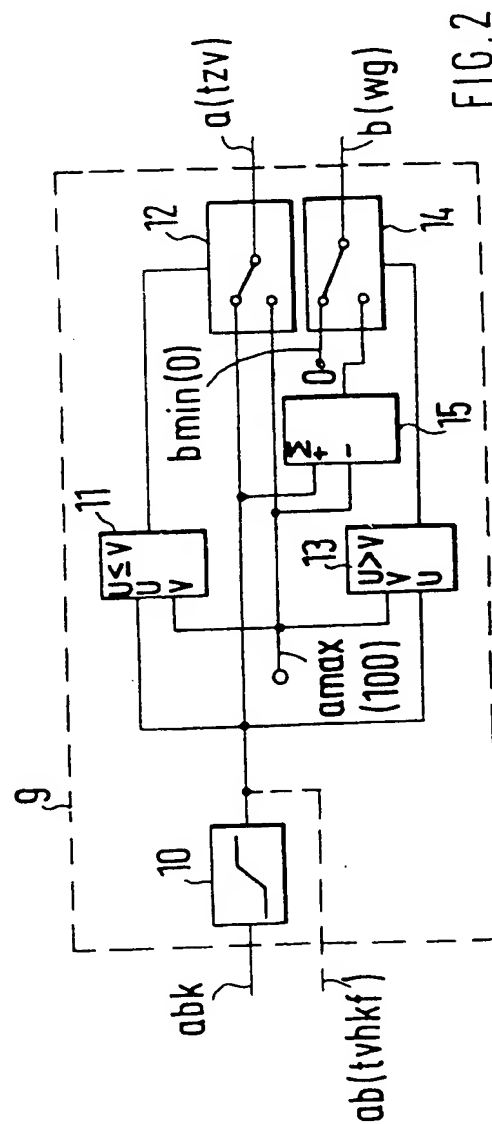


FIG. 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Zur Optimierung physikalischer Prozesse wird immer häufiger von den Hilfsmitteln Steuerung bzw. Regelung Gebrauch gemacht. Insbesondere die Steuerung einzelner physikalischer Systeme innerhalb eines physikalischen Prozesses erfolgt sehr oft über physikalische Kennfelder, da Nichtlinearitäten in den Systemen selbst, oder aber eine durch die Optimierung erforderliche besondere Ansteuerung dies erfordert.

Die einzelnen physikalischen Systeme des physikalischen Prozesses werden hierbei über separate, den jeweiligen Prozessen zugeordnete physikalische Kennfelder in Abhängigkeit von physikalischen Prozeßgrößen gesteuert. Hierbei kann es jedoch vorkommen, daß zwei oder mehr Systeme in Abhängigkeit von denselben physikalischen Prozeßgrößen auf eine gemeinsame weitere physikalische Prozeßgröße einwirken und ihre Ansteuerung in einem physikalisch festen funktionellen Zusammenhang zueinander steht.

Es ist hierbei von Nachteil, daß trotz dieser Zusammenhänge für jedes System ein eigenes Kennfeld benötigt wird. Soll der Steuerung dieser Systeme zudem eine mittelbar oder unmittelbar von der weiteren Prozeßgröße abhängige Regelung überlagert werden, so entsteht häufig das Problem eines nicht numerisch kontinuierlichen Übergangs von der Ansteuerung des einen Systems auf die Ansteuerung des anderen, bzw. von Regelung auf Steuerung und umgekehrt.

Aus "Der Elektroniker" 4, 1983, Seiten 50—53, ist eine Serviceintervallanzeige für Kraftfahrzeuge bekannt, bei welcher Wegimpulse in Abhängigkeit von Drehzahl-schwellwerten bewertet multipliziert werden (Kennfeldmultiplikation). Über ein Rechenwerk wird ein Wegzähler beaufschlagt, dessen Zählwert mit einem Zeit-zählwert ODER-verknüpft wird. Das Ergebnis dieser ODER-Verknüpfung wird einer Anzeigeverknüpfung zugeführt, die daraus eine Ansteuerung für Leuchtdioden aus verschiedenfarbigen Leuchtdiodengruppen bewirkt.

Eine Zündanlage mit ruhender Hochspannungsverteilung, bei der Zündkerzen zu zwei Gruppen zusammen geschaltet sind, geht aus "Elektronik", 1977, Heft 9, Seiten 64—68 hervor. Ein Hochspannungstransformator wird primärseitig mit positiven und negativen Spannungsimpulsen beaufschlagt, welche sekundärseitig durch ein Diodennetzwerk im Wechsel ihrer Polarität auf die beiden Gruppen aufgeteilt und zur gleichzeitigen Zündung der Funkenstrecken von je zwei Zündkerzen einer Gruppe herangezogen werden.

Schließlich ist mit der DE 34 20 015 A1 eine Mehrzylinder-Brennkraftmaschine mit zwei Turboladern bekannt geworden, deren Turbinen in die Abgasleitung der Brennkraftmaschine eingesetzt sind. In die Abgasleitung zur einen Turbine und in einen Turbinenbypass zu beiden Turbinen sind steuerbare Ventile eingesetzt, die von einem Steuergerät in Abhängigkeit von Kenngrößen der Brennkraftmaschine gesteuert werden.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, das eingangs beschriebene Verfahren zu vereinfachen und den Aufwand für eine Ansteuerung von mehreren Systemen eines physikalischen Prozesses zu optimieren bzw. zu reduzieren.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere, die Erfindung in vorteilhafter Weise ausgestaltende Merkmale sind in

den Unteransprüchen enthalten.

Die Vorteile der Erfindung sind in erster Linie darin zu sehen, daß mit der Erfindung ein Verfahren geschaffen ist, welches einen Aufwand für eine Steuerung von Systemen eines physikalischen Prozesses reduziert, die Steuerung selbst optimiert und durch Schaffung numerisch kontinuierlicher Übergänge zwischen der Ansteuerung der einzelnen Systeme eine einfache übergreifende Regelung ermöglicht.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Steuerung für zwei physikalische Systeme eines physikalischen Prozesses,

Fig. 2 ein Modul zu einer Auftrennung einer gemeinsamen Steuergröße in Ansteuergrößen für die Systeme,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Abgasturbolader-Anlage einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine,

Fig. 4 eine Tabelle mit einer Zuordnung von Tastverhältnisswerten zu Betriebsbereichen,

Fig. 5 ein als Tabelle dargestelltes, quantisiertes und digitalisiertes physikalisches Kennfeld zur Ansteuerung zweier Ventile der Abgasturboladeranlage.

In Fig. 1 ist mit 1 ein physikalischer Prozeß gezeigt, innerhalb dessen ein 1. System 2 und ein 2. System 3 über eine Funktion f , 4, auf eine gemeinsame physikalische Prozeßgröße c einwirken. Das 1. System 2 und das 2. System 3 stehen in einer Abhängigkeit $a = fa(x, y)$ $b = fb(x, y)$ von denselben physikalischen Prozeßgrößen x, y , welche beispielsweise Eingangsgrößen (x) sein können oder sich über eine weitere Funktion g , 5, aus der gemeinsamen physikalischen Prozeßgröße c und/oder weiteren Prozeßgrößen ergeben können (y).

Üblicherweise werden nun die Systeme 2, 3 über einzelne, ihnen zugeordnete physikalische Kennfelder angesteuert. Es sind also zwei Kennfeldmodule erforderlich, von denen separate Verbindungen zu den Systemen führen. Diese Kennfelder sind erfindungsgemäß zu einem gemeinsamen physikalischen Kennfeld $fab(x, y)$ (Kennfeldmodul 6) zusammengefügt, welches den Eingangs- bzw. Prozeßgrößen x, y eine gemeinsame Steuergröße ab zuordnet.

Die beiden physikalischen Kennfelder $fa(x, y)$ und $fb(x, y)$ (Einzelkennfelder) mögen hierbei einen Wertebereich von a_{min} kleiner oder gleich a kleiner oder gleich a_{max} , bzw. b_{min} kleiner oder gleich b kleiner oder gleich b_{max} aufweisen. Die Zusammenfügung zu einem gemeinsamen physikalischen Kennfeld $fab(x, y)$ soll hier beispielsweise so erfolgen, daß das eine physikalische Kennfeld $fa(x, y)$ an das andere $fb(x, y)$ angefügt werden soll, so daß $ab_{min} = a_{min}$ und $ab_{max} = a_{max} + b_{max}$ gilt.

Nimmt man weiter an, daß die Wertebereiche der beiden Einzelkennfelder die ganzen Zahlen von 0 bis 100 umfassen, so baut sich der Wertebereich des gemeinsamen Kennfelds (Kennfeldmodul 6) aus dem Wertebereich der ganzen Zahlen von 0 bis 200 auf, mit $a_{min} = b_{min} = ab_{min} = 0$, $a_{max} = b_{max} = 100$ und $ab_{max} = 200$.

Soll zudem zusätzlich zur Steuerung übergreifend geregelt werden, indem beispielsweise die physikalische Prozeßgröße c über ein Korrekturmodul 7 und ein Subtraktionsmodul 8 auf die gemeinsame physikalische Steuergröße ab zurückgeführt wird, so ergibt sich eine weitere Einsparung von zwei Modulen; Korrekturmodul 7 und Subtraktionsmodul 8 müssen nun nicht mehr doppelt ausgeführt werden, die Regelung vereinfacht sich, da eine gegenseitige Kopplung der Korrekturmo-

dule nicht mehr auftritt.

Die korrigierte gemeinsame Steuergröße abk wird nun noch in einem Auftrennmodul 9 in seine Einzelsteuergrößen a , b aufgetrennt und dem 1. System 2 und dem 2. System 3 zugeführt.

Ein Beispiel für ein artiges Auftrennmodul 9 ist in Fig. 2 gezeigt. Das 1. System 2 und das 2. System 3 werden hierbei derart angesteuert, daß mit anwachsenden Werten der gemeinsamen Steuergröße ab bzw. der Korrigierten abk zunächst nur das 1. System 2 angesteuert wird, bis dieses vollausgesteuert ist ($ab = a_{max}$, bzw. $abk = a_{max}$). Bei noch höheren Werten von ab bzw. abk bleibt das 1. System 2 vollausgesteuert, und das 2. System 3 wird mit einer zunehmenden Steuergröße b beaufschlagt.

Hierzu wird bei Einsatz einer übergreifenden Regelung die korrigierte Steuergröße abk zunächst einer Begrenzung 10 unterworfen, welche die korrigierte Steuergröße abk auf Aussteuergrößen begrenzt und welche bei reiner Steuerung (mit ab) entfallen kann.

Ein 1. Komparatormodul 11 vergleicht ab bzw. abk mit dem Wert a_{max} und steuert ein 1. Schaltmodul 12 an, so daß dieses für Werte von ab bzw. der begrenzten Korrigierten abk kleiner oder gleich a_{max} den Wert ab bzw. die begrenzte Korrigierte abk , und sonst den Wert a_{max} als Ansteuergröße a ausgibt.

Ein 2. Komparatormodul 13 vergleicht ebenfalls ab bzw. abk mit dem Wert a_{max} und steuert ein 2. Schaltmodul 14 derart an, daß dieses für Werte von ab bzw. abk größer als a_{max} eine Differenz aus dem Wert ab bzw. abk und a_{max} , welche in einem Subtraktionsmodul 15 gebildet wird, als Ansteuergröße b ausgibt und sonst den Wert $b_{min} = 0$.

Ein Ausführungsbeispiel einer solchen Steuerung sei anhand einer Abgasturboladeranlage für eine Brennkraftmaschine mit Registeraufladung erläutert, deren Blockschaltbild in Fig. 3 wiedergegeben ist. Die Anlage soll jedoch nicht in ihrer Gesamtheit beschrieben werden, sondern nur in den Teilen, die für die Kennfeldsteuerung von zwei Abgasventilen maßgeblich sind; die genaue Funktion der Anlage ist in der DE-OS 34 20 015 und in einer von der Anmelderin unter dem Titel "Mehrzylinder-Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern" am selben Tag hinterlegten Anmeldung näher beschrieben. In der Fig. 3 sind pneumatische Leitungen durchgezogen, pneumatische Steuerleitungen strichpunktuiert und elektrische Leitungen gestrichelt gezeichnet.

Die Abgasturboladeranlage 16 umfaßt eine Brennkraftmaschine 17, deren Zylinder 18 bis 23 (in nicht notwendiger Weise) in zwei Gruppen aufgeteilt sind. Die Abgasrohre aus den Zylindern münden in ein gemeinsames Abgassammelrohr 24, von dem eine Abgasleitung 25 zum Antrieb einer Turbine 26 eines ersten Abgasturboladers 27 und eine weitere Abgasleitung 28 zum Antrieb einer Turbine 29 eines zweiten Abgasturboladers 30 ausgeht. Der Ausgang der Turbinen 26 und 29 kann entweder über Vorschalldämpfer 31, 32 bzw. Katalysatoren oder auch direkt über Rohrleitungen in einen Endschalldämpfer 33 geführt sein.

In die Abgasleitung 28 der Turbine 29 ist ein Zuschaltventil 34 eingesetzt, das sowohl vor als auch hinter der Turbine 29 angeordnet sein kann. Ferner ist das Abgassammelrohr 24 über ein Abblaseventil (Wastegate) 35 mit dem Endschalldämpfer 33 verbunden.

Zuschaltventil 34 und Abblaseventil 35 sind pneumatisch betätigte Ventile, die in nicht angesteuertem Zustand geöffnet sind. Pneumatische Hilfsenergie, die ei-

nem Sammelsaugrohr 36 vor einem Leistungssteuerorgan (Drosselklappe) 37 einströmen wird, wird den Ventilen 34, 35 über ihnen zugeordnete Steuerventile 38, 39 zugeführt. Die elektrisch betriebenen Steuerventile 38, 39 werden durch ein Steuergerät 40 mit einem Tastverhältnis beaufschlagt und verbinden das Zuschaltventil 34 bzw. das Abblaseventil 35 im nicht angesteuerten Zustand mit der Atmosphäre. Genauer betrachtet wird ein Steuerraum des Zuschaltventils 34 bzw. des Abblaseventils 35 entsprechend dem anliegenden Tastverhältnis mehr oder weniger mit einem Druckmedium hohen Drucks (über die Druckentnahmestelle im Sammelsaugrohr 36 stromauf der Drosselklappe 37), bzw. mit einem Druckmedium niedrigen Drucks, beispielsweise der Atmosphäre verbunden, wobei im nicht angesteuerten Zustand der Steuerventile 38, 39 der Steuerraum auf Atmosphärendruck liegt; aus Übersichtlichkeitsgründen wurde in der Fig. 1 auf eine derartige Betrachtung jedoch verzichtet.

Die von den Turbinen 26 und 29 angetriebenen Verdichter 41, 42 fördern Druckluft über Ladeluftkühler 43 zum Sammelsaugrohr 36; vom Sammelsaugrohr 36 verteilt sich die Ladeluft gleichmäßig auf die Einzelsaugrohre zu den Zylindern 18 bis 23. In einem Teilabschnitt 44 einer Ladeluftleitung 45 ist ein Rückschlagventil 46, wie es in der DE-OS 34 20 015 näher beschrieben ist, eingesetzt. In einem Bypass zum Verdichter 42, der den Teilabschnitt 44 der Ladeluftleitung 45 mit einem Luftfilter 47 verbindet, ist ein Entlüftungsventil 48 eingesetzt; dieses ist über das Steuergerät 40 ansteuerbar.

Schließlich erfaßt das Steuergerät 40 noch Signale von einem Drehzahlsensor 49 (Drehzahl n_{mot} der Kurbelwelle 50 der Brennkraftmaschine 17), einem Drosselklappen-Stellungssensor 51 (Stellung der Drosselklappe 37, Drosselklappenwinkel dk_{win}), einem Saugrohrdrucksensor 52 (Saugrohrdruck p_{ist} im Sammelsaugrohr 36, stromabwärts der Drosselklappe) und einem Temperatursensor 53 (Ladelufttemperatur t_{an}). Diese Signale setzt es in entsprechende Ansteuergrößen a , b (Ansteuersignale tzv , wg) für die Steuerventile 38, 39 des Zuschaltventils 34 und des Abblaseventils 35 und für das Entlüftungsventil 48 um.

Die Funktion des Zuschaltventils 34 und des Abblaseventils 35 erklärt sich wie folgt:

— Das Zuschaltventil 34 ermöglicht eine kontinuierlich verstellbare Beaufschlagung des 2. Abgasturboladers 30 mit Abgas und eine Beschleunigung seiner Laderwelle. Die darüber abfließende Abgasmenge reduziert gleichzeitig die dem 1. Abgasturbolader 27 zufließende Abgasmenge, so daß die Funktion des Zuschaltventils 34 — bezüglich des 1. Abgasturboladers 27 — der eines Wastegates (Abblaseventils) bei einfach aufgeladenem Motor entspricht.

— Das Wastegate ist gemeinsames Abblaseventil für beide Abgasturbolader 27, 30.

Die Ansteuerung des Zuschalt- 34 bzw. Abblaseventils 35 erfolgt in der Weise, daß sich ein Schließgrad (100% entspricht dem geschlossenen Zustand des Zuschalt- bzw. Abblaseventils) durch das am jeweiligen Steuerventil (getaktet betrieben) anliegende Tastverhältnis (bei konstanter Taktfrequenz) bestimmt; der Steuerbereich liegt hierbei zwischen 0% und 100%. Eine Ansteuerung der beiden Ventile mit einem von 0% bzw. 100% abweichenden Tastverhältnis (nicht angesteuert bzw. voll angesteuert) erfolgt für die beiden

Ventile grundsätzlich alternativ, d. h., es gibt keinen Zustandspunkt der Brennkraftmaschine 17, bei der beide Ventile gleichzeitig mit einem derartigen Tastverhältnis beaufschlagt werden.

Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, den Zustand beider Ventile eindeutig durch nur eine gemeinsame Steuergröße ab , d. h., eine Bezugszahl darzustellen, einem Tastverhältnis $tvhkf$ mit dem Bereich 0 bis 200 (siehe Fig. 4): Im Bereich von 0 bis 100 stellt $tvhkf$ direkt das Tastverhältnis (zweites Tastverhältnis wg , Ansteuergröße b) für das Abblaseventil 35 dar. Im Bereich zwischen 100 bis 200 ergibt sich das Tastverhältnis (erstes Tastverhältnis tzv , Ansteuergröße a) für das Zuschaltventil 34 aus tvh (gemeinsame Steuergröße ab) durch Subtraktion von 100. Das Abblaseventil 35 ist in diesem Bereich voll angesteuert, also zu.

Es wird somit lediglich ein Kennfeld für beide Ventile benötigt; es ergibt sich ein numerisch kontinuierlicher Übergang der Ansteuerung von einem Ventil zum anderen, so daß zusätzlich eine möglicherweise überlagerte Regelung vereinfacht wird. Der Bereich von $tvhkf > 100$ bis $tvhkf = 200$ sei nachfolgend "Ein-Lader-Betrieb", (auch wenn dort der zweite Lader bereits zu arbeiten beginnt) und der Bereich von $tvhkf = 0$ bis $tvhkf = 100$ "Zwei-Lader-Betrieb" genannt.

Die Ermittlung des Tastverhältnisvorsteuerwertes $tvhkf$ erfolgt, wie schon weiter oben beschrieben, über ein gemeinsames physikalisches Kennfeld aus der Drehzahl n_{mot} und dem Drosselklappenwinkel dk_{win} . Ein Beispiel für ein Tastverhältnis-Vorsteuer-Kennfeld ist Fig. 5 zu entnehmen.

In Fig. 1 sind schließlich noch in Klammern die äquivalenten Bezugszahlen und -zeichen der Abgasturbolader-Anlage nach Fig. 3 angegeben. Der physikalische Prozeß 1 umfaßt im wesentlichen die Abgasturbolader-Anlage 16 (ohne das Steuergerät 40). Das 1. physikalische System 2 ist gebildet durch das Steuerventil 38 und das Zuschaltventil 34, wogegen das 2. physikalische System 3 das Steuerventil 39 und das Abblaseventil 35 umfaßt.

Die beiden physikalischen Systeme 2, 3 wirken gemeinsam auf die physikalische Prozeßgröße c ein, die dem Ladedruck p_{ist} entspricht, und zwar im wesentlichen, 4, über die beiden Abgasturbolader 27 und 30, das Rückschlagventil 46, die Drosselklappe 37 und die Brennkraftmaschine 17. Aus der gemeinsamen Prozeßgröße Ladedruck p_{ist} und anderen Prozeßgrößen erzeugt die (Funktion g , 5) Brennkraftmaschine 17 die Motordrehzahl n_{mot} , welche die Größe y repräsentiert.

Diese dient, zusammen mit der Eingangsgröße Drosselklappenwinkel dk_{win} , welche der physikalischen Prozeßgröße x entspricht, als physikalische Prozeßgrößen x, y , in deren Abhängigkeit die Systeme 2, 3 über das Kennfeldmodul 6 mit dem gemeinsamen Kennfeld nach Fig. 5 gesteuert werden. Gemeinsame Steuergröße ab ist das Tastverhältnis $tvhkf$, welchem eine Regelung (abhängig von der Prozeßgröße Ladedruck p_{ist}) über das Korrekturmodul 7 überlagert sein kann.

Kennfeld 6, Korrekturmodul 7, Subtraktionsmodul 8 und Auftrennmodul 9, welches die gemeinsame Steuergröße $tvhkf$ bzw. die korrigierte Ansteuergröße abk in die beiden Einzelsteuergrößen a, b entsprechenden Steuersignale tzv, wg aufspaltet, sind im Steuergerät 40 implementiert.

Das Steuergerät 40 ist in an sich bekannter Mikrorechner-technik aufgebaut und umfaßt im wesentlichen einen Ein-Chip-Mikrorechner oder einen Mikroprozessor, beispielsweise vom Typ 8031 der Firma Intel,

flüchtige und nichtflüchtige Speicher, analoge bzw. digitale Ein- und Ausgangsbausteine sowie Anpassungs- und Treiberbausteine. Einzelne Module sind als Software realisiert und zusammen mit dem an Stützstellen erfaßten, quantisierten und digitalisierten Kennfeld in den nichtflüchtigen Speichern abgelegt.

Saugrohrdruck p_{ist} , Ladelufttemperatur tl , Drehzahl n_{mot} und Drosselklappenwinkel dk_{win} werden analog oder digital erfaßt oder können dem Steuergerät 40 gegebenenfalls auch von einem Motormanagementrechner zur Verfügung gestellt werden. Analoge Größen werden hierbei über einen A/D-Wandler in für den Mikroprozessor verwertbare Signale gewandelt. Selbstverständlich kann das Steuergerät auch diskret aus analogen/digitalen Bauelementen/Bausteinen aufgebaut sein.

Das Verfahren ist jedoch nicht auf diesen speziellen Prozeß eingeschränkt. So ist es durchaus denkbar, beispielsweise zwei oder mehr Turbinen-Generator-Sätze (Stellventile am Turbineneintritt bzw. die Turbine selbst) eines Kraftwerkes in Abhängigkeit vom Strombedarf eines Netzes und weiteren Größen zu steuern. Auch hier erfolgt die Zuschaltung bzw. die Aufschaltung der Turbinen-Generator-Sätze aus Netz nacheinander, d. h., ein weiterer wird erst dann zugeschaltet, wenn der vorhergehende bereits voll am Netz ist. Die Steuerung ist somit äquivalent zu der der Register-Turbolader-Anlage.

Ebenso ist denkbar, daß die Systeme 2, 3 gleichzeitig mit derselben Ansteuergröße ($a = b$) = _ beaufschlagt werden. Die Ansteuergrößen a, b ergeben sich dann durch arithmetische Mittelwertbildung aus der gemeinsamen Steuergröße.

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich für Prozesse, bei denen ein 1. System zunehmend stärker angesteuert, während ein zweites im gleichen Maße weniger angesteuert wird und umgekehrt. Ein solches Steuerverfahren ist beispielsweise bei einem Drucksteuersystem einsetzbar, bei dem eine Pumpe laufend Druckmedium über ein Ventil in einen Arbeitskreis (Speicher) fördert, um den Druck zu erhöhen und ein zweites Ventil den Arbeitskreis gegen einen Sumpf öffnet, um den Druck zu reduzieren; der Druck im Arbeitskreis ist hierdurch stetig zwischen dem maximalen Pumpendruck und dem Nulldruck steuerbar. Die 1. Ansteuergröße a ergibt sich hierbei direkt aus ab , die 2. Ansteuergröße durch Differenzbildung $b = ab - a$.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern von wenigstens zwei physikalischen Systemen eines physikalischen Prozesses, wobei die physikalischen Systeme in Abhängigkeit ($a = fa(x, y)$, $b = fb(x, y)$) von denselben physikalischen Prozeßgrößen (x, y) jeweils über ein dem jeweiligen System zugeordnetes physikalisches Kennfeld ($fa(x, y)$, $fb(x, y)$) gesteuert werden und mittelbar oder unmittelbar auf eine weitere gemeinsame physikalische Prozeßgröße (c) einwirken und wobei die Ansteuerung der Systeme in einem physikalisch festen funktionellen Zusammenhang zueinander steht und die physikalischen Ansteuergrößen (a, b) jeweils in einem festen Wertebereich (a_{min} kleiner oder gleich a kleiner oder gleich a_{max} , bzw. b_{min} kleiner oder gleich b kleiner oder gleich b_{max}) liegen, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalischen Systeme (2, 3) über lediglich ein, allen gemeinsames physikalisches Kennfeld ($fab(x, y)$)

(6) gesteuert ($ab = fab(x, y)$) werden, wobei die einzelnen Wertebereiche zu einem gemeinsamen Wertebereich zusammengefügt sind und die Ansteuergrößen (a, b) der einzelnen Systeme (2, 3) aus einer gemeinsamen physikalischen Steuergröße (ab) durch Umkehrung (9) des physikalisch funktionellen Zusammenhangs bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Wertebereiche aneinandergesetzt sind ($ab_{min} = a_{min}$ kleiner oder gleich ab kleiner oder gleich $ab_{max} = a_{max} + b_{max}$, mit $ab = a + b$).

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich der funktionelle Zusammenhang dadurch ergibt, daß das 1. System (2) nur dann angesteuert wird, wenn das 2. System (3) nicht angesteuert ist und das 2. System (3) nur dann angesteuert wird, wenn das 1. System (2) mit seinem Maximalwert (a_{max}) angesteuert (vollausgesteuert) ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Ansteuerwert (a) des 1. Systems (2) aus der gemeinsamen Steuergröße (ab) direkt ergibt, sofern diese kleiner oder gleich dem Maximalwert (a_{max}) für das 1. System (2) (ab kleiner oder gleich a_{max}) ist und gleich dem Maximalwert (a_{max}) gesetzt ist, sofern die gemeinsame Steuergröße (ab) größer als der Maximalwert (a_{max}) ist, und der Ansteuerwert des 2. Systems (3) ($b = ab - a_{max}$) gleich seinem Minimalwert (b_{min}) gesetzt ist, sofern die gemeinsame Steuergröße (ab) kleiner oder gleich dem Maximalwert (a_{max}) ist, und durch Subtraktion (15) des Maximalwerts (a_{max}) von der gemeinsamen Steuergröße (ab) bestimmt wird, sofern diese größer als der Maximalwert (a_{max}) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich der funktionelle Zusammenhang dadurch ergibt, daß die Systeme (2, 3) gleichzeitig mit derselben Ansteuergröße ($a = b = -$) beaufschlagt werden, wobei sich diese aus der gemeinsamen Steuergröße (ab) durch arithmetische Mittelwertbildung ergibt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der funktionelle Zusammenhang dadurch ergibt, daß eine 1. Ansteuergröße (a) eines 1. Systems (2) mit wachsender gemeinsamer Steuergröße (ab) zunimmt, während eine 2. Ansteuergröße (b) eines 2. Systems (3) im gleichen Sinn abnimmt, wobei sich die 1. Ansteuergröße (a) aus der gemeinsamen Steuergröße (ab) direkt ergibt, während die 2. Ansteuergröße aus der Differenz des Maximalwerts (ab_{max}) der gemeinsamen Steuergröße (ab) und der 1. Ansteuerwert (a) bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wertebereich der Ansteuergrößen (a, b) Zahlen aus einer oder mehrerer ganzzahliger Potenzen der Basis des verwendeten Zahlensystems enthält.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Basis die Zahl 10 dient und der Wertebereich die ganzen Zahlen von 0 bis 100 umfaßt.

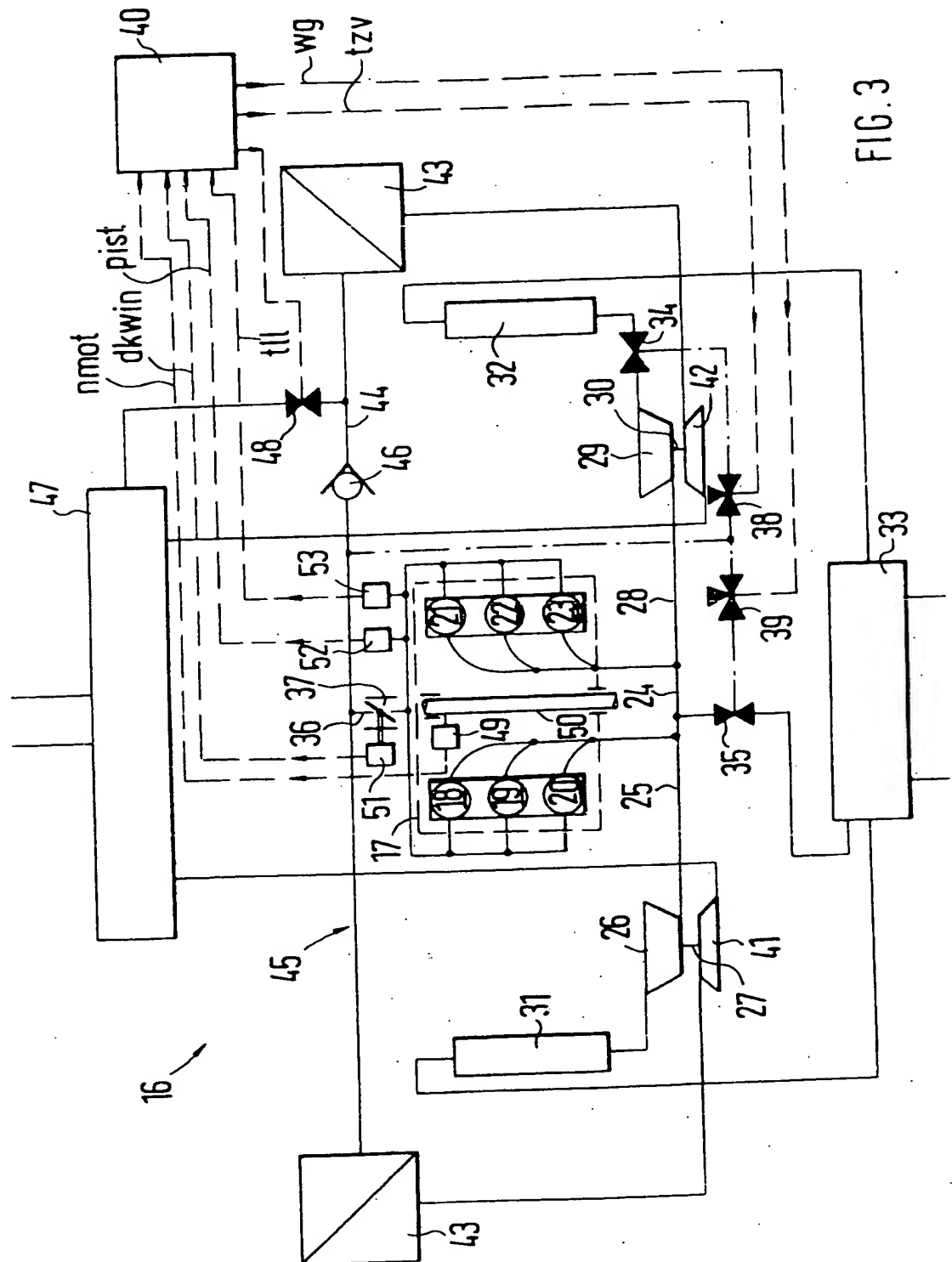


FIG. 3

t _{vhkf}	Zuschaltventil	Abblaseventil	Betriebsart
200	zu	zu	Ein-Lader-Betrieb
199 ⋮ 101	getaktet mit tvh - 100	zu	
100	auf	zu	
99 ⋮ 1	auf	getaktet mit tvh	Zwei-Lader-Betrieb
0	auf	auf	

FIG. 4

n _{mot} / (U/m)	dkwin/(°)						
	3	4	25	45	60	80	
2000	200	100	100	120	160	200	
3000	200	100	130	140	165	180	
3300	200	100	115	145	160	180	
3680	200	100	120	140	155	180	
4000	200	100	110	130	150	175	
4280	100	0	30	40	50	55	
5000	100	0	0	10	30	40	
6000	100	0	0	10	25	35	
7000	100	0	0	0	20	30	
8000	100	0	0	0	0	0	

FIG. 5
 $t_{vhkf} = f(n_{mot}, dkwin)$